



REPORTE TÉCNICO

ORIGEN DEL AGUA QUE AFLORA EN EL PREDIO DE AZTECAS 215, COLONIA PUEBLO DE LOS REYES, DELEGACIÓN COYOACÁN, CIUDAD DE MÉXICO.



INSTITUTO DE GEOLOGIA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

Agosto, 2016

PARTICIPANTES

COORDINACIÓN TÉCNICA

OSCAR A. ESCOLERO FUENTES

HIDROGEOLOGÍA

SELENE OLEA OLEA

HIDROGEOQUÍMICA

LUCY MORA PALOMINO

ANÁLISIS QUÍMICO EN LABORATORIO

OLIVIA ZAMORA HERNANDEZ

JAVIER TADEO LEÓN

TRABAJO DE CAMPO

MARCELO CANTEIRO

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. ANTECEDENTES	4
3. OBJETIVO	11
4. METODOLOGIA.....	11
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
6. CONCLUSIONES	32
REFERENCIAS.....	32

1. INTRODUCCIÓN

- En un predio de 8,735 m², ubicado en Av. Aztecas 215, Colonia Pueblo Los Reyes, Delegación Coyoacán se pretende llevar cabo un desarrollo inmobiliario mediante la construcción de 377 viviendas, en una superficie máxima de construcción de 24,459.00 m², localizado conforme se observa en la figura 1.

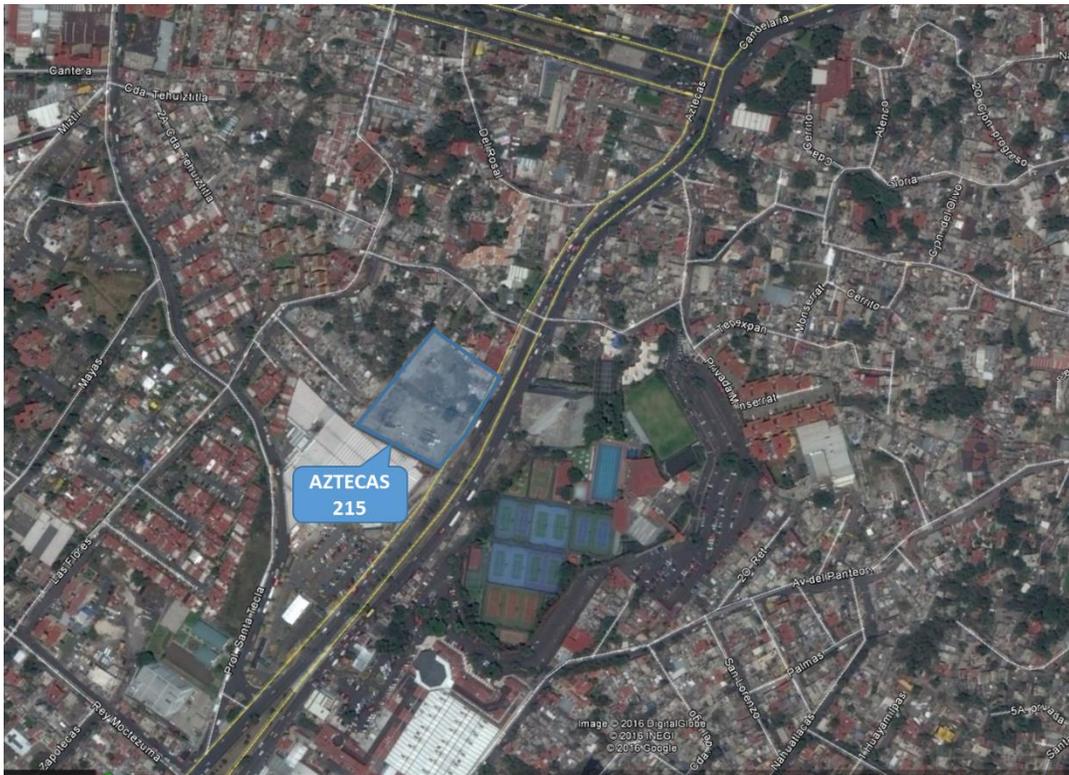


Fig. 1. Ubicación del predio Aztecas 215. (Imagen de Google Earth).

El proyecto arquitectónico contempla la construcción de 3 torres de departamento y 3 niveles de sótanos para estacionamiento, con una cota de nivel de piso terminado de -10.30 con respecto al nivel de banquetta (G. H. Ingenieros en Geotecnia, S. A. de C. V., 2014).

En este predio se encontraba construido el Centro Escolar Hermanos Revueltas, S. C., el cual fue demolido para dar paso al nuevo desarrollo inmobiliario.

2. ANTECEDENTES

- Como parte de los estudios técnicos previos al inicio de la obra se realizó un estudio de mecánica de suelos con la perforación de 4 sondeos exploratorios, en los cuales no se

detectó la presencia del nivel freático, ver figura 2 con la localización de los sondeos realizados.

- En los primeros tres sondeos se cortó material no consolidado como arenas, limos y arcillas, hasta la profundidad de 20 metros (ver figura 3), mientras que en el sondeo 4, a partir de 1.2 m de profundidad se detectó la presencia de roca basáltica hasta los 9.2 m explorados con el sondeo, ver figuras 4 y 5.



Figura 2. Localización de sondeos de Mecánica de Suelos realizados en el predio (tomado de G. H. Ingenieros en Geotecnia, S. A. de C. V., 2014).



G.H. INGENIEROS EN GEOTECNIA, S.A. DE C.V

Tel. 5534-3790 5534-3304 / e-mail. ghgeotecnia@gmail.com

Profundidad (m)		Descripción
De	a	
0.0	0.6	Fragmentos de basalto gris oscuro
0.0	6.0	Arena arcillosa café oscuro con gravas, con contenido de agua que varía entre 18 y 29% y resistencia a la penetración estándar (RPE) variable entre 6 y 26 golpes.
6.0	10.8	Arcilla arenosa gris oscuro con gravas y arcilla café oscuro, con contenido de agua variable entre 29 y 45% y RPE comprendido entre 3 y 28 golpes.
10.8	15.6	Arena limosa pumítica gris verdosa, arena limosa gris oscura y arena pumítica gris, con contenido de agua que varía entre 29 y 57% y RPE variable entre 15 y 32 golpes.
15.6	17.4	Limo arenoso gris, con contenido de agua variable entre 35 y 39% y RPE comprendido entre 20 y 30 golpes.
17.4	18.0	Arena limosa pumítica gris, con contenido de agua de 44% y RPE de 24 golpes.
18.0	19.2	Limo arenoso gris, con contenido de agua variable entre 29 y 33% y RPE comprendido entre 20 y 30 golpes.
19.2	20.4	Arena limosa pumítica gris verdosa, con contenido de agua variable entre 53 y 75% y RPE de 22 y 25 golpes.

El nivel freático no se encontró.

Figura 3. Corte litológico obtenido en el Sondeo SE-1 (tomado de G. H. Ingenieros en Geotecnia, S. A. de C. V., 2014).

**G.H. INGENIEROS EN GEOTECNIA, S.A. DE C.V**

Tel. 5534-3790 5534-3304 / e-mail. ghgeotecnia@gmail.com

Profundidad (m)		Sondeo SE-4 Descripción
De	a	
0.0	1.2	Material de relleno formado por arena limosa café oscuro con cascajo y gravas, con contenido de agua medio de 11% y RPE variable entre 15 y 22 golpes.
1.2	9.2	Roca basáltica de color gris oscuro, poco fracturada.

El nivel freático no se encontró

Como se observa el nivel freático no se detectó en ninguno de los sondeos realizados.

Figura 4. Corte litológico obtenido en el Sondeo SE-4 (tomado de G. H. Ingenieros en Geotecnia, S. A. de C. V., 2014).

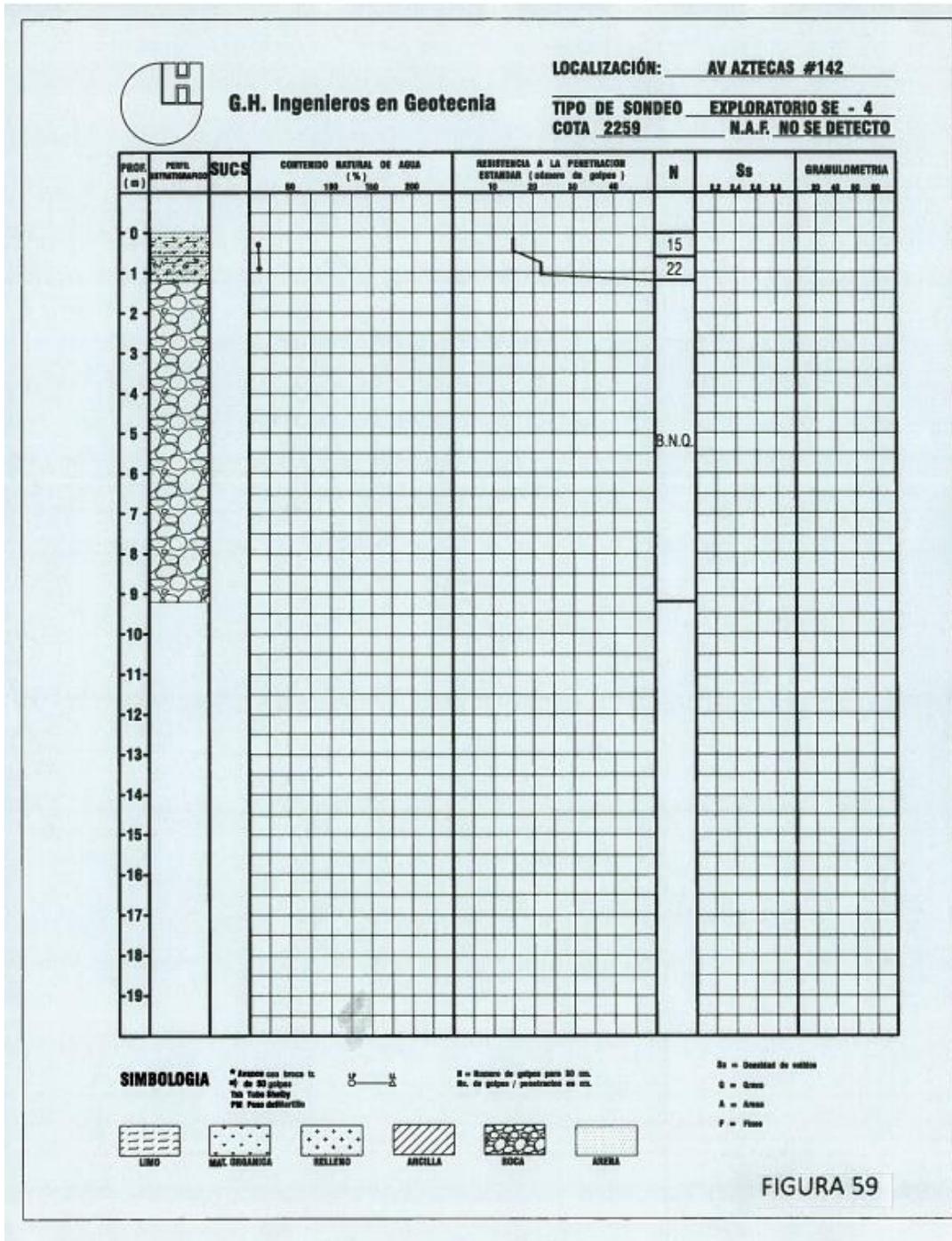


Figura 5. Representación del Corte litológico obtenido en el Sondeo SE-4 (tomado de G. H. Ingenieros en Geotecnia, S. A. de C. V., 2014).

- Con el desarrollo de la excavación para la construcción de los sótanos de estacionamientos se presentó la aportación de agua a las excavaciones, inundando parcialmente la obra, por lo cual la empresa constructora decidió instalar sistemas de bombeo para desalojar el agua hacia la calle adyacente al predio, en las figuras 6 y 7 se presenta la zona inundada de la excavación una vez que se suspendió la obra y se detuvo el bombeo de agua hacia la calle y hacia el drenaje.

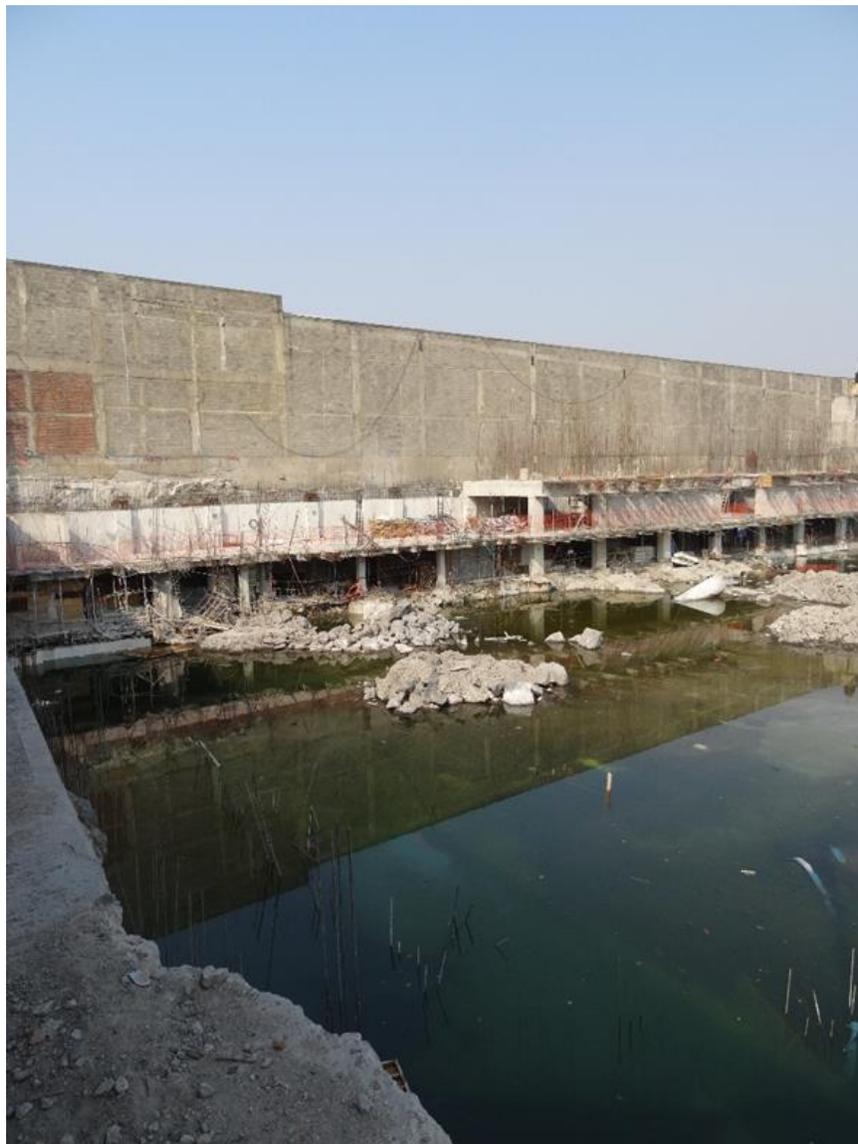


Figura 6. Excavación inundada con vista al sur.



Figura 7. Excavación inundada con vista al norte.

- La descarga de agua hacia la calle provocó la molestia de los vecinos quienes solicitaron la intervención de las autoridades para detener el desperdicio de agua y emitir las sanciones correspondientes.
- La Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Gobierno de la Ciudad de México (PAOT), mediante oficio Núm. PAOT-05-300/100-0059-2016 de fecha 17 de mayo de 2016, solicitó la participación de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por medio del Instituto de Geología, para que emitiera una opinión técnica sobre el origen de dichas aguas.
- Al mismo tiempo, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) realizó dos muestreos de las aguas que afloran en el predio, concluyendo en el segundo muestreo que el agua que aflora en el predio no proviene de fugas de las redes de agua potable ni del acuífero, y que se trata de aguas de escurrimientos del Ajusco, de las cuales una parte se capta en la planta de Xotepingo y otra se tira al drenaje, tal como lo expresa en su oficio GCDMX-SEDEMA-SACMEX-DEPC-DT-SCCA-UDAIM/M-0492-2016 de fecha 2 de mayo 2016.

3. OBJETIVO

Llevar a cabo un análisis hidrogeológico, con base en integración de información geológica, hidrogeológica, piezométrica, química e isotópica, a fin de establecer con bases formales el origen del agua que aflora en el predio Aztecas 215.

4. METODOLOGIA

A partir de la solicitud de la PAOT, se realizaron varias visitas a la zona de la obra con el fin de definir las condiciones del sitio y la identificación de objetivos de estudio para lograr el objetivo planteado.

En las primeras visitas se observó que, debido a la suspensión del bombeo, el agua se encontraba estancada, inundando la excavación y sin circulación, por lo estaba impactada por su exposición a la intemperie y no permitía observar de donde afloraba el agua. Motivo por el cual se recomendó que se permitiera a la empresa constructora que reestableciera el bombeo a fin de drenar la excavación y permitir observar los sitios donde aflora el agua.

Con base en esta recomendación, se levantó provisionalmente la suspensión de la obra y se realizó el bombeo del agua estancada en el predio, con lo cual se pudo observar que había varios afloramientos tanto en la parte del frente hacia la calle como en la pared del fondo. En el caso de la parte adyacente a la calle, debido a que la empresa construyó un muro de concreto con altura por arriba del nivel donde afloraba el agua originalmente, el agua emergió nuevamente en la porción de pared donde termina el muro de concreto. Motivo por el cual, se decidió seleccionar dos sitios para el muestreo de agua, el primero localizado en la parte del frente, identificado en este trabajo como "Azteca 1" y otro sitio localizado en la pared del fondo identificado como "Azteca 2".

Adicionalmente se realizó un recorrido para identificar los pozos de agua potable cercano al predio Aztecas 215, localizando a los pozos denominados por SACMEX como "Rey Moctezuma", "Cantil" y "Nahuatlacas", identificados también con los números de censo 270, 272 y 309 respectivamente.

También, con base en los comentarios de los vecinos que nos indicaron que había varios pozos y captaciones de agua que brota del subsuelo en varias casas de la zona, donde captan agua para usos domésticos desde hace muchos años, se seleccionó una captación de un manantial en un sitio localizado en una casa identificado como "Atenco 15" y también se decidió incorporar a uno de los manantiales que afloran en el predio de la Cantera, propiedad de la UNAM e identificado como "Cantera". En las siguientes figuras 8 y 9 se presenta la localización de los sitios antes mencionados. Es importante mencionar que también se localizó un pequeño lago natural formado por un manantial natural, localizado en la Cerrada de Nahuatlacas, pero debido a sus condiciones se decidió no utilizarlos como sitio de muestreo de agua, pero si se considera su cota de afloramiento para fines de análisis del flujo de agua subterránea



Figura 8. Sitios seleccionados para el muestreo.

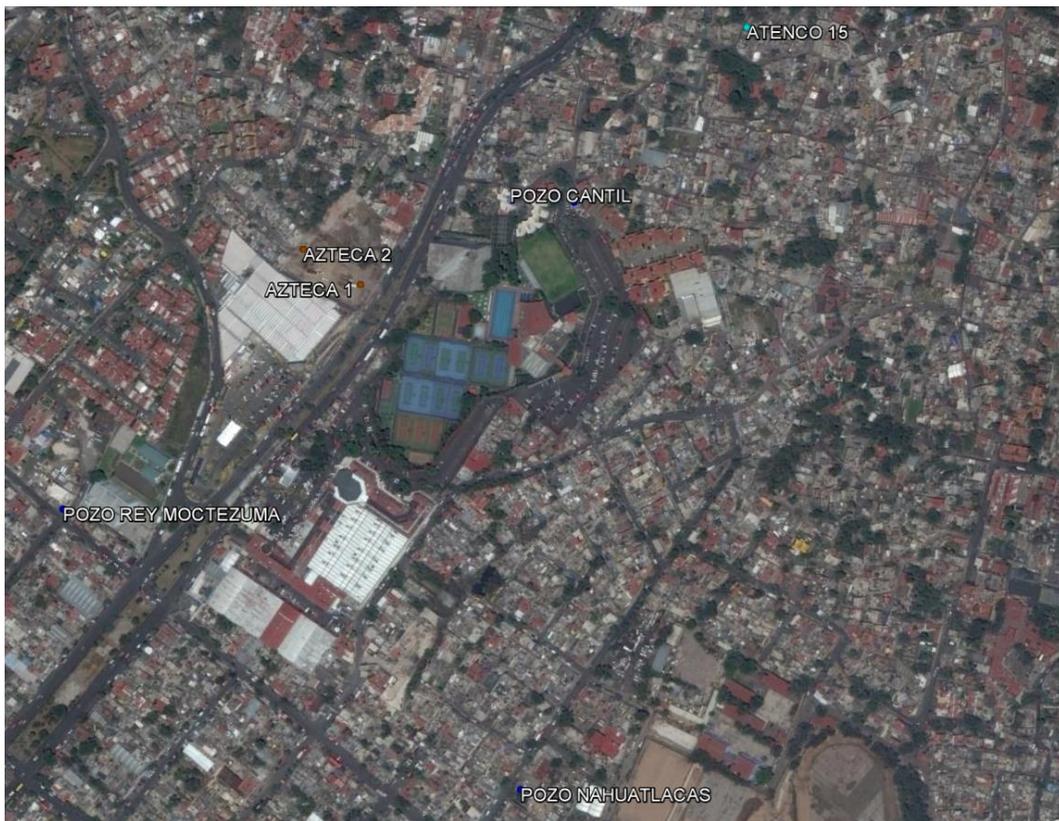


Figura 9. Detalle de sitios seleccionados alrededor del predio Aztecas 215.

Como siguiente actividad se realizó la recolección de datos históricos de profundidad y elevación del nivel estático en los pozos de agua potable, información generada por la red de monitoreo que opera el SACMEX.

Posteriormente se procedió a realizar el muestreo de agua en los 7 sitios seleccionados, para ello se contó con el apoyo logístico de la PAOT, quién convocó también al SACMEX para que se realizara un muestreo simultaneo en los mismos sitios, y también se contó con el acompañamiento de varios representantes de los vecinos. Este muestreo se realizó el día 24 de junio de 2016. En las siguientes figuras 10 a 16 se muestra el trabajo de muestreo en cada sitio, en las cuales se pueden observar la medición de datos de campo y la toma de muestras para llevar al laboratorio.



Figura 10. Muestreo de agua en el sitio Aztecas 1.



Figura 11. Muestreo de agua en el sitio Aztecas 2.



Figura 12. Muestreo de agua en el pozo Rey Moctezuma.



Figura 13. Muestreo de agua en el pozo Cantil.



Figura 14. Muestreo de agua en el pozo Nahuatlacas.



Figura 15. Muestreo de agua en la captación de la casa Atenco 15.



Figura 16. Muestreo de agua en el manantial de La Cantera.

Posteriormente, las muestras de agua de campo se enviaron a tres laboratorios, el Laboratorio de Cromatografía y el Laboratorio de espectroscopia atómica, ambos del Departamento de Edafología del Instituto de Geología de la UNAM y el Laboratorio de Isotopos Estables de la Universidad de Davis en California, Estados Unidos.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con los datos de piezometría compilados del SACMEX, correspondientes a la elevación de los niveles estáticos en pozos de agua potable, se elaboraron las redes de flujo de agua subterránea para los años de 2009 y 2015, que se muestran en las siguientes figuras 17 y 18, en las que se puede observar que en general la dirección del flujo es de suroeste a noreste para ambos años y también se puede observar que el flujo es más o menos uniforme y que al entrar en la zona más urbanizada se distorsionan las líneas de flujo, como resultado de la extracción de agua por los pozos de agua potable. Es muy importante mencionar que esta red se construyó únicamente con datos de pozos profundos de agua potable, aun cuando aparecen en las figuras la ubicación de los otros sitios seleccionados para fines de referencia.

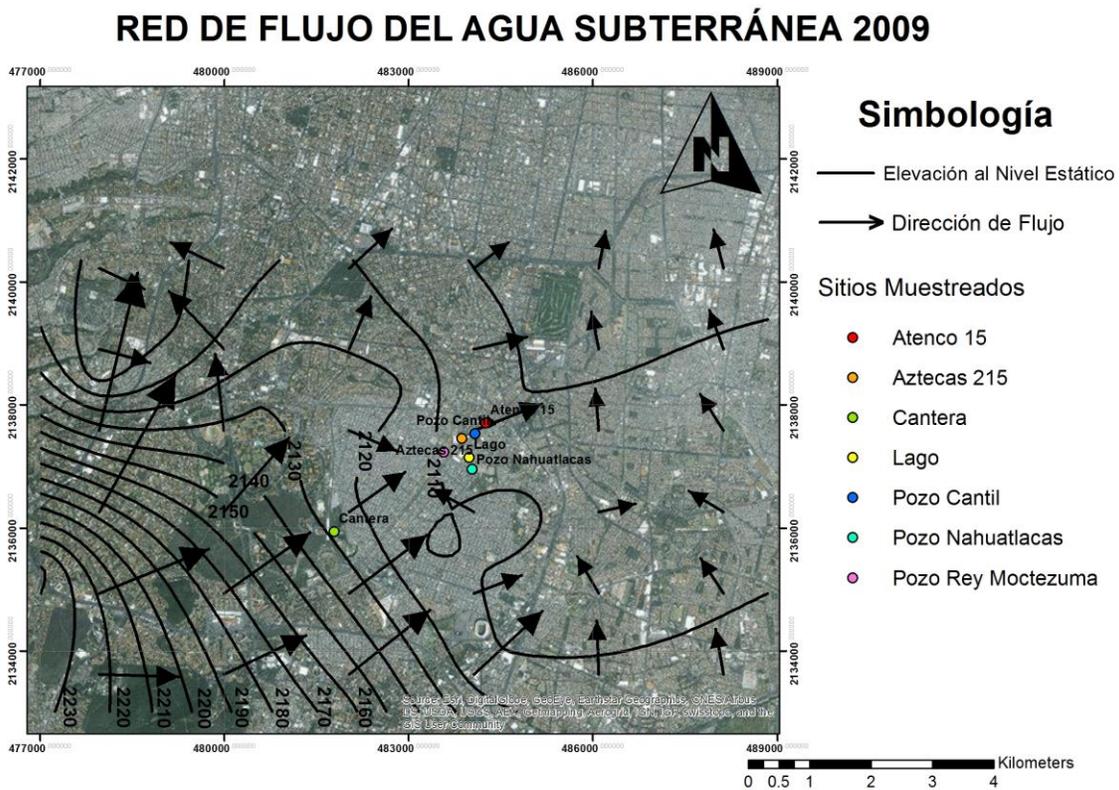


Figura 17. Red de flujo de agua subterránea para 2009 con base en datos de niveles estáticos de pozos de agua potable (elaborado con datos de SACMEX).

RED DE FLUJO DEL AGUA SUBTERRÁNEA 2015

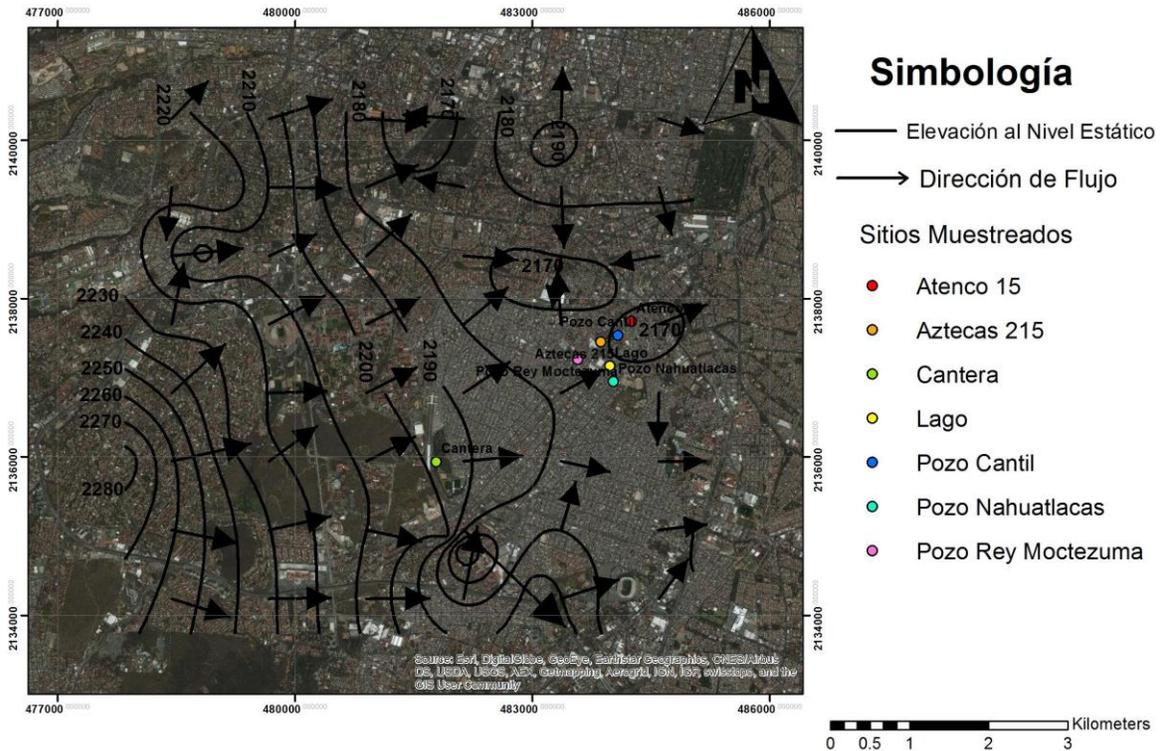


Figura 18. Red de flujo de agua subterránea para 2015 con base en datos de niveles estáticos de pozos de agua potable (elaborado con datos de SACMEX).

Observando que en ambas configuraciones se mantiene el mismo comportamiento general del flujo de agua subterránea, se puede establecer que el agua que se capta en los pozos de agua potable proviene de infiltración de agua de lluvia que sucede en las partes altas de la Sierra del Ajusco y que circula hacia las partes más bajas topográficamente.

Como parte de este mismo análisis, se elaboraron las gráficas de la figura 19, donde se observa el comportamiento histórico de los datos de elevación del nivel estático en los pozos de agua potable, se identificó una alta variabilidad en el rango entre 2170 y 2180 metros sobre el nivel del mar, aunque en los tres pozos se observa un descenso en los últimos años, probablemente debido a la explotación intensiva del acuífero. Un dato importante es que en los tres pozos se alcanzó el nivel máximo en ese periodo en el año 2102 y a partir comienza el descenso de los niveles.

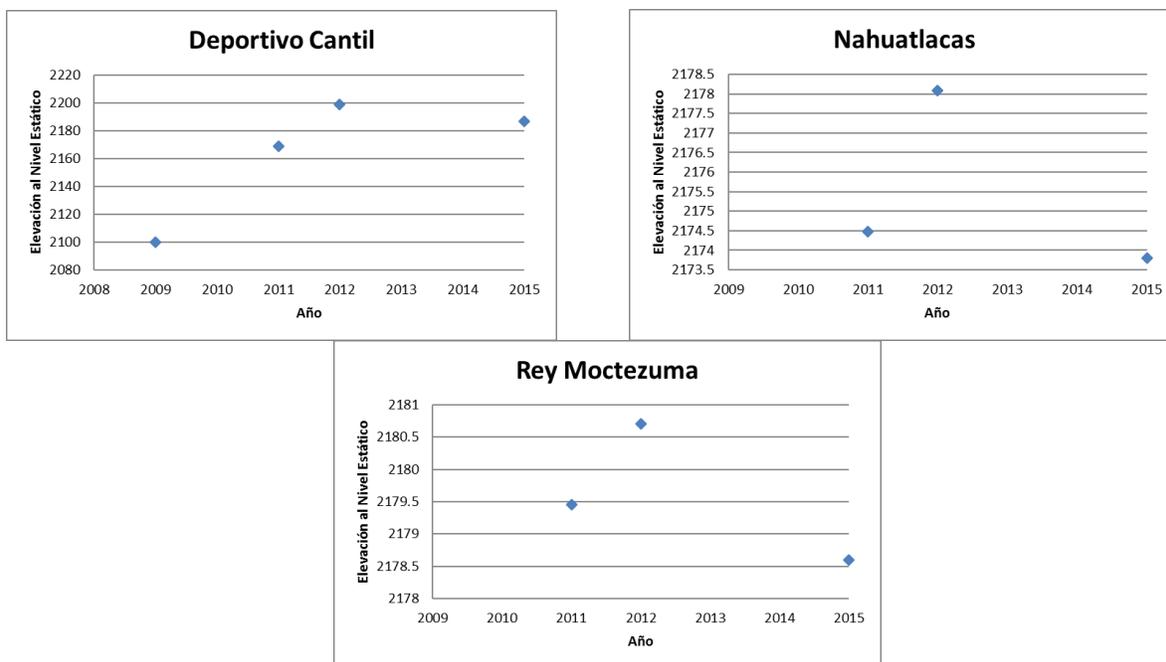


Figura 19. Comportamiento histórico de datos de niveles estáticos de pozos de agua potable (elaborado con datos de SACMEX).

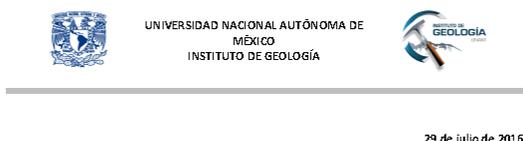
Durante el muestreo de agua en los 7 sitios seleccionados también se tomaron datos de campo, los que se presentan en la siguiente Tabla 1. En la que en general se observan temperaturas relativamente bajas y contenidos de sales disueltas, expresados como STD también relativamente bajos, siendo menores en el manantial de la Cantera y en la captación de Atenco 15. La salinidad en los afloramientos del predio Aztecas es similar a la de los pozos de agua potable.

Tabla 1. Datos medidos en campo de los sitios seleccionados.

Sitio	mE	mN	msnm	Temp °C	pH_field	Eh mV	OD mg/l	CE uS/cm	STD mg/l
Pozo Nahuatlacas	484025.41	2136952.19	2256	17.03	7.16	-12.5	73	684	342
Pozo Rey Moctezuma	483570.14	2137232.65	2267	17.83	6.64	-9.60	68	594	297
ATENCO 15	484253.67	2137713.53	2244	20.32	8.64	-13.5	68	308	154
CANTERA	481783.89	2135938.8	2274	17.96	7.66	-12.40	56	365	183
Aztecas 1	483865.91	2137455.71	2251	18.7	6.72	-3.60	35	660	330
Aztecas 2	483808.63	2137496.17	2251	20.53	6.68	-3.90	26	693	347
Pozo Cantil	484079.36	2137538.63	2253	16.19	6.41	-9.50	63	654	327

De las muestras enviadas al laboratorio de Cromatología del Instituto de Geología se obtuvieron los resultados que se muestran en la siguiente tabla 2.

Tabla 2. Resultados de análisis de iones mayores en muestras de agua en sitios seleccionados.



29 de julio de 2016

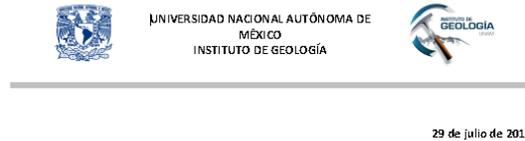
Dr. Oscar Escolero
PRESENTE

A continuación me permito presentarle el reporte de los análisis por cromatografía de iones de las 7 muestras que recientemente nos envió para su estudio. En este encontrará las concentraciones determinadas de los aniones mayoritarios presentes.

Muestra	F	HCO ₃ ⁻	Cl	Br ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻
	Concentración (mg/L)						
NAHUATLACAS B	ND	190,1	103,6	ND	12,0	ND	25,7
Rey Moctezumas B	ND	141,9	62,4	ND	30,0	ND	40,0
Atenco 15 B	ND	99,4	20,5	ND	7,9	ND	34,8
Cantera B	ND	78,3	33,6	ND	52,0	ND	47,9
1B	ND	126,5	72,8	ND	82,8	9,2	81,0
2B	ND	154,4	78,7	ND	81,2	10,3	98,5
Cantil B	ND	151,6	59,5	ND	28,2	ND	46,7

ND= por debajo del límite de detección de la técnica.

Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, CP 04510 México D.F., México
Tel. (55) 5622 42 40 Ext. 81853 email: div@igc.inmex.mx



29 de julio de 2016

Dr. Oscar Escolero
PRESENTE

A continuación me permito presentarle el reporte de los análisis por cromatografía de iones de las 7 muestras que recientemente nos envió para su estudio. En este encontrará las concentraciones determinadas de los cationes mayoritarios presentes.

Muestra	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	Concentración (mg/L)				
NAHUATLACAS B	77,17	ND	7,53	12,37	25,29
Rey Moctezumas B	60,32	ND	6,63	10,13	19,48
Atenco 15 B	24,67	ND	10,44	20,19	8,05
Cantera B	33,37	ND	6,54	22,08	12,86
1B	73,61	ND	12,46	27,87	19,10
2B	81,88	ND	14,41	33,74	20,26
Cantil B	58,61	ND	7,40	11,81	21,32

ND= por debajo del límite de detección de la técnica.

Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, CP 04510 México D.F., México
Tel. (55) 5622 42 40 Ext. 81853 email: div@igc.inmex.mx

También se analizaron los contenidos de iones menores en las muestras de agua de los mismos 7 sitios seleccionados, obteniendo los resultados que se muestran en la siguiente tabla 3. En la que se puede observar que en ninguna de las muestras de agua se detectaron contenidos de elementos como cadmio, cromo, arsénico o plomo.

Tabla 3. Resultados de análisis de iones menores en muestras de agua.



Instituto de Geología
 Universidad Nacional Autónoma de México
 Departamento de Edafología
 Laboratorio de Espectroscopia Atómica



RESULTADOS:

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos por ICP-OES:

Muestra	RSD Al(%)	Conc. Al(mg/L)	RSD As(%)	Conc. As(mg/L)	RSD Ba(%)	Conc. Ba(mg/L)	RSD Cd(%)	Conc. Cd(mg/L)	RSD Cr(%)	Conc. Cr(mg/L)	RSD Cu(%)	Conc. Cu(mg/L)
1-A	5.95	0.032	NA	<LOD	2.55	0.022	NA	<LOD	NA	<LOD	4.42	0.023
2-A	8.50	0.026	NA	<LOD	1.48	0.027	NA	<LOD	NA	<LOD	1.10	0.022
ATENCO 15-A	NA	<LOD	NA	<LOD	1.72	0.014	NA	<LOD	NA	<LOD	2.11	0.016
CANTERA A	NA	<LOD	NA	<LOD	1.32	0.024	NA	<LOD	NA	<LOD	4.18	0.010
CANTIL	11.74	0.020	NA	<LOD	1.54	0.045	NA	<LOD	NA	<LOD	3.34	0.009
REY MOCTEZUMA A	NA	<LOD	NA	<LOD	1.22	0.037	NA	<LOD	NA	<LOD	NA	<LOD
NAHUATLACAS A	NA	<LOD	NA	<LOD	0.73	0.032	NA	<LOD	NA	<LOD	NA	<LOD

Muestra	RSD Fe(%)	Conc. Fe(mg/L)	RSD Mn(%)	Conc. Mn(mg/L)	RSD Na(%)	Conc. Na(mg/L)	RSD Pb(%)	Conc. Pb(mg/L)	RSD Zn(%)	Conc. Zn(mg/L)
1-A	3.84	0.087	5.25	0.004	2.82	85.423	NA	<LOD	1.84	0.030
2-A	1.72	0.068	1.66	0.007	1.53	95.700	NA	<LOD	10.11	0.008
ATENCO 15-A	0.71	0.015	NA	<LOD	0.93	27.787	NA	<LOD	1.03	0.012
CANTERA A	0.30	0.008	NA	<LOD	0.78	37.132	NA	<LOD	NA	<LOD
CANTIL	3.07	0.088	2.12	0.003	1.46	68.680	NA	<LOD	3.90	0.024
REY MOCTEZUMA A	1.20	0.015	NA	<LOD	1.18	70.190	NA	<LOD	NA	<LOD
NAHUATLACAS A	0.91	0.039	10.06	0.002	0.80	89.294	NA	<LOD	NA	<LOD

LOD= Limite de detección (Limit of detection)

Relative Standard Deviation (Desviación Estándar Relativa)

NA=No Aplica

Con el procesamiento de los datos obtenidos en los laboratorios se elaboraron varias gráficas que se muestran en las figuras 20 y 21. La primera corresponde al Diagrama de Piper, el cual nos permito conocer la distribución de los tipos de agua y su relación con respecto al contenido de iones mayores entre sí de las diferentes muestras. En dicho diagrama se puede observar que prácticamente todas las muestras corresponden con el mismo tipo de agua, aunque también se observa que los tres pozos de agua potable son semejantes entre si al igual que las dos muestras del predio Aztecas.

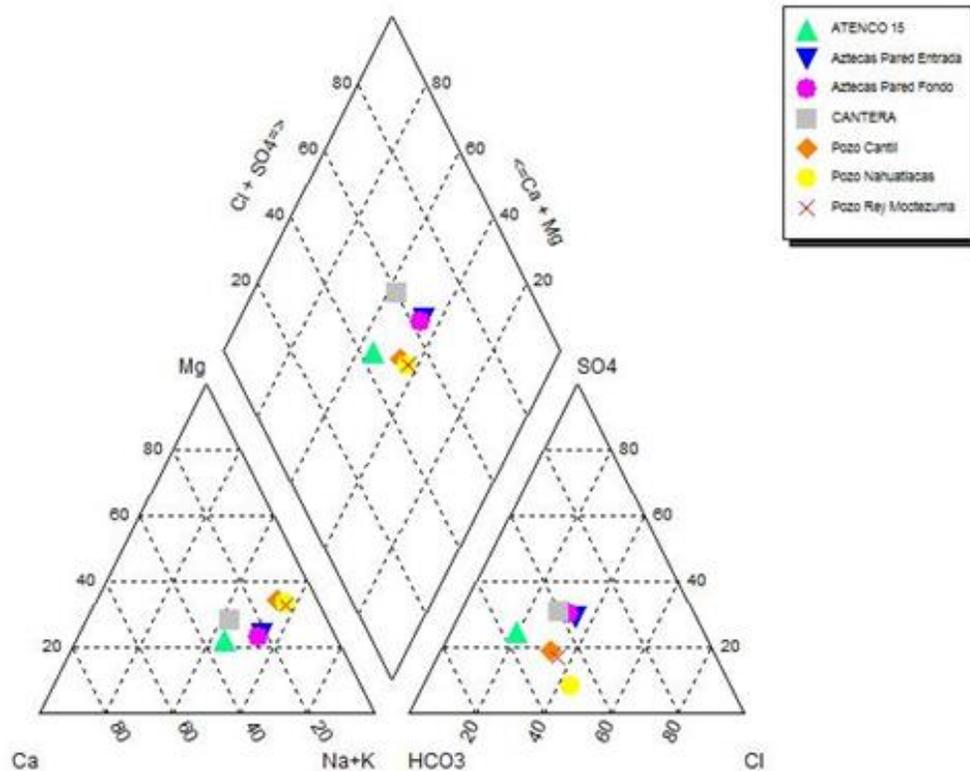


Figura 20. Diagrama de Piper.

En la siguiente Figura 21 se presentan dos gráficas, una de ellas corresponde a la relación entre Cloro y Sodio, en la que se observa una tendencia en donde el manantial de la Cantera y la Captación de Atenco 15 tienen los menores contenidos, mientras que el pozo Nahuatlacas los mayores contenidos. Por otro lado, en la relación entre Hierro y Manganeso mostrada en la misma figura se observa una mayor dispersión de los datos, aunque se confirma que el manantial de la Cantera y la Captación de Atenco 15 tienen nuevamente los menores contenidos.

El hecho de que el manantial de la Cantera y la captación de Atenco 15 tengan los menores contenidos químicos se puede interpretar como que se trata de agua de reciente infiltración y corto recorrido en el subsuelo.

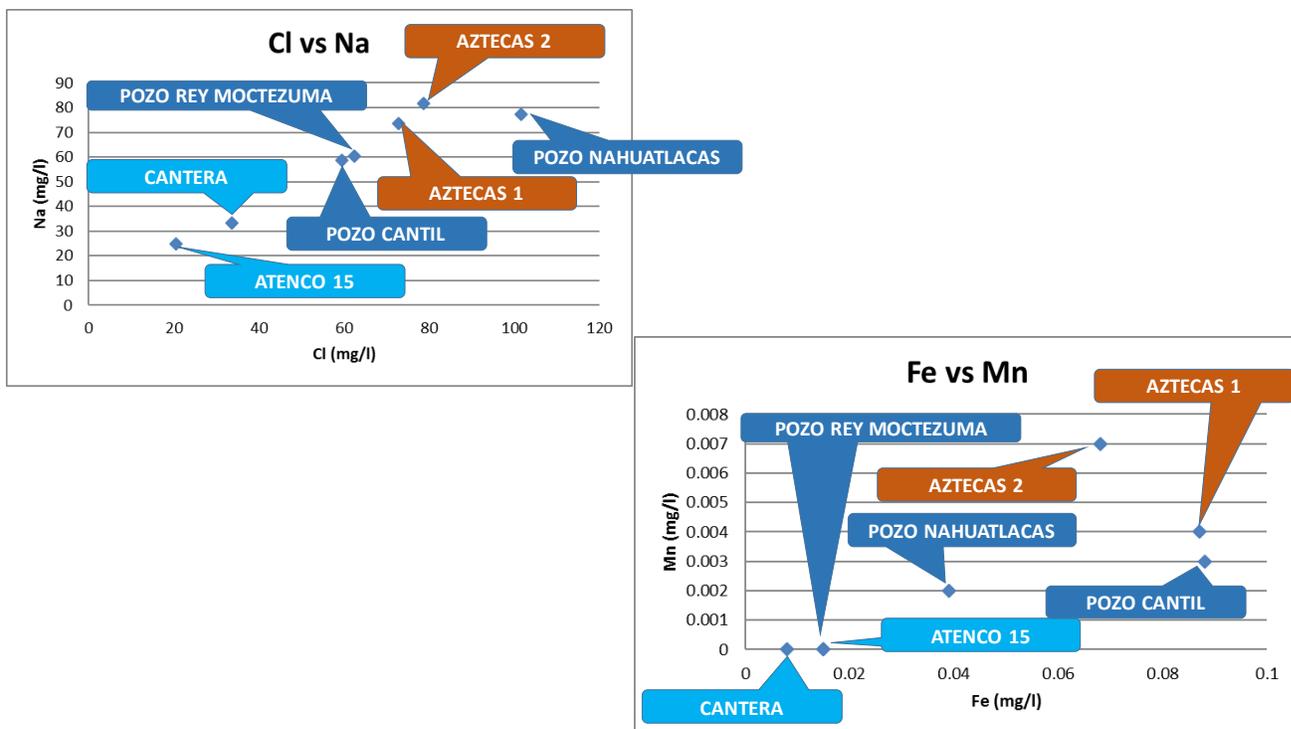


Figura 21. Representación gráfica de resultados químicos.

En relación con las muestras de agua enviadas a la Universidad de Davis en California para análisis de isótopos estables se obtuvieron los resultados mostrados en la siguiente tabla 4. En donde los ID de 1-C y 2-C corresponden a los sitios Aztecas 1 y Aztecas 2 respectivamente.

Tabla 4. Resultados de Análisis isotópico de muestras de agua en los sitios seleccionados.

University of California-Davis Stable Isotope Facility		Universidad Nacional Autónoma de México			
One Shields Ave. Davis, CA 95616		Predio Aztecas			
530-754-7517		Luis Zambrano			
18/08/2016		zambrano@ib.unam.mx			
H ₂ O stable isotope analysis by laser spectroscopy (Los Gatos Research Instruments)					
		VSMOW	VSMOW		
LabID	Sample ID	d ² H	d ¹⁸ O	Internal check	d ² H per mil
W-27609	1-C	-61.7	-8.96	Known value	-150.20
W-27610	2-C	-64.5	-8.92	Mean	-151.17
W-27611	CANTERA-C	-61.4	-8.24	n =	5
W-27612	ATENCO-15-C	-50.4	-6.71	1 SD	0.55
W-27613	REY MOCTEZUMA	-69.5	-9.90		0.12
W-27614	CANTIL-C	-70.5	-9.88		
W-27615	POZO-NAHUATLACAS	-72.9	-10.20		
W-27616	CASA-LUCY	-68.2	-9.43		
W-27617	PINOS-COCOLERO	-70.0	-9.74		
W-27618	CASA-LUIS	-73.4	-10.23		

Con los resultados del análisis isotópico se construyó la gráfica de la figura 22 en la que se presenta la línea meteorológica local (línea en color azul) determinada por Cortes y Farvolden (1988) con base en muestras de agua de lluvia tomadas en la Sierra del Ajusco y que corresponde con la ecuación que se presenta en dicha figura 22, al graficar los datos de las muestras de los 7 sitios seleccionados se puede observar que los datos resultantes se distribuyen a lo largo de una línea de tendencia (línea punteada roja) y que corresponde con un proceso de evaporación a partir de un agua similar a la lluvia en el punto de intercepción de ambas líneas, donde los 3 pozos de agua potable se ubican más cerca de la línea meteorológica local, lo que sugiere su origen a partir de la infiltración de agua de lluvia; mientras que la captación de Atenco 15 y el manantial de la Cantera se ubican más alejados en lo que sugiere la influencia de evaporación, lo cual es explicable al tratarse de aprovechamientos con descarga libre y muy cercanos a la superficie del terreno.

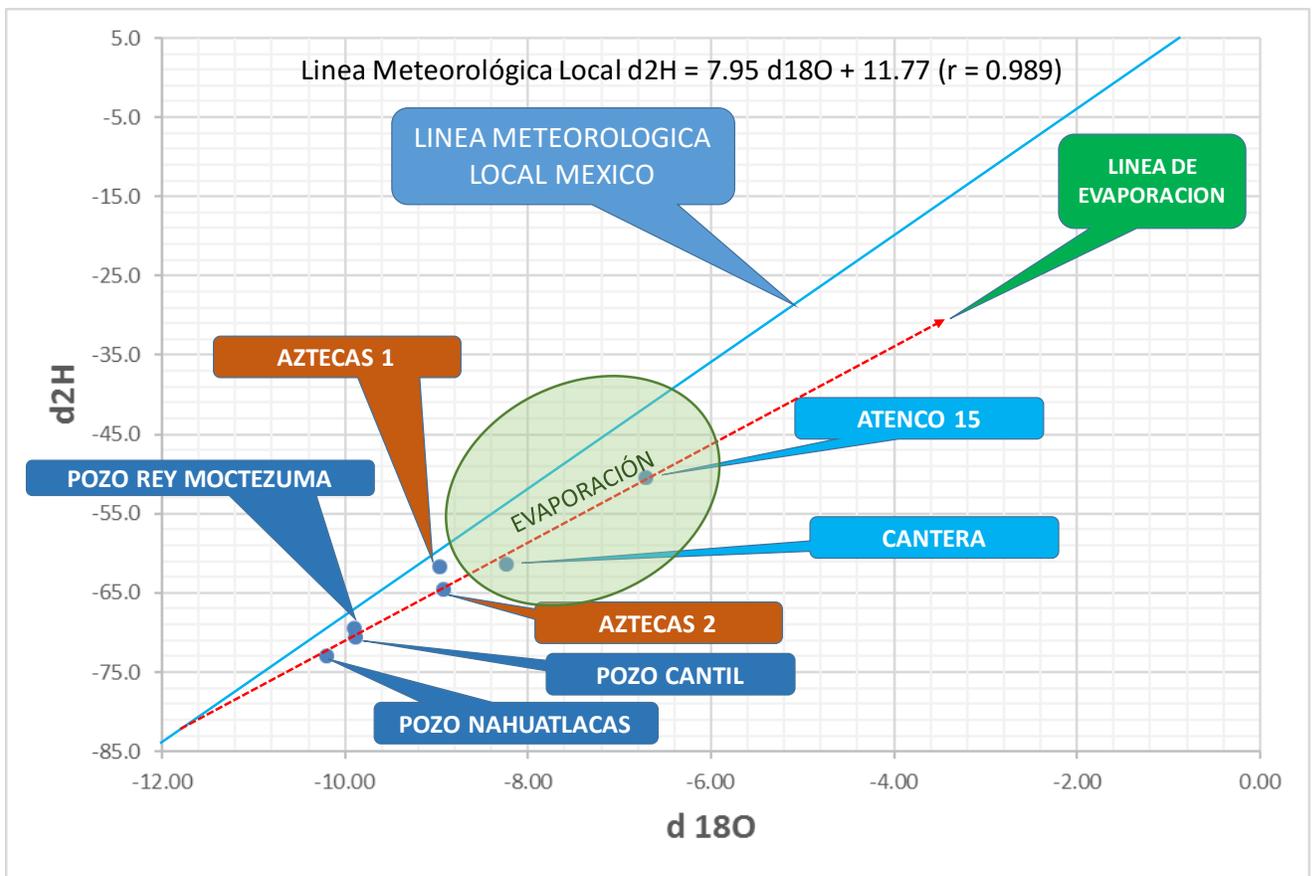


Figura 22. Comportamiento con respecto a la línea meteorológica local (elaborada con base en Cortés y Farvolden, 1988).

Con los mismos datos isotópicos se preparó la gráfica de la siguiente figura 23, en la que se estimó la altura en metros sobre el nivel medio del mar en que ocurrió la infiltración al subsuelo, elaborada

con base en Cortez y Durazo (2001) en la que se puede observar que el agua de los pozos de agua potable se infiltró a una cota entre 3100 y 3200 msnm, lo que pudo ocurrir en las partes bajas del Ajusco, mientras que el agua del predio Aztecas 215 se infiltró a una altitud de 2800 msnm, probablemente en las partes bajas de Xitle. Los valores obtenidos para el manantial de la cantera y el afloramiento de Atenco 15 no se consideran razonables, ya que como se comentó anteriormente, están bastante afectados por evaporación; pero se estima que tienen un origen común con el manantial de la Cantera y el Afloramiento de Atenco 15.

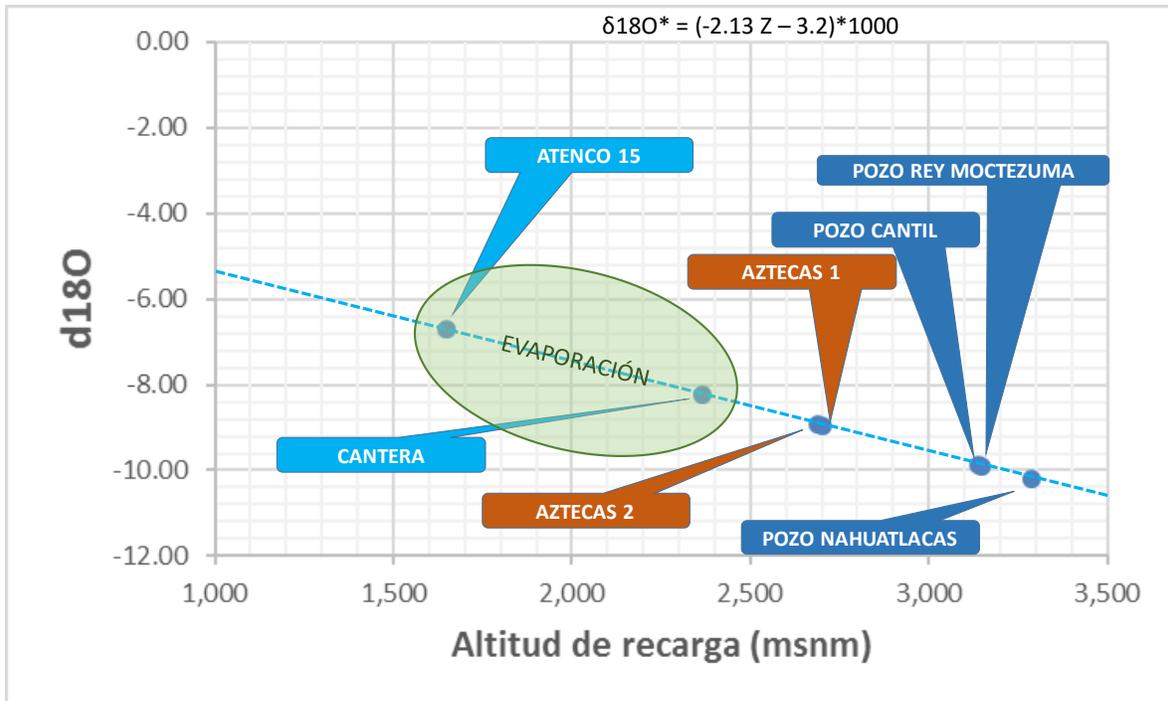


Figura 23. Comportamiento con respecto a la altitud de recarga, sin considerar el efecto de la evaporación (elaborada con base en Cortés y Durazo, 2001).

Con base en estos resultados se retomó el análisis de los datos piezométricos, en este caso considerando la profundidad al nivel estático en los pozos de agua potable, con los datos proporcionados por SACMEX, y los datos correspondientes a las cotas topográficas de los afloramientos y manantiales.

En las gráficas de la siguiente figura 24 se presenta la variación histórica de la profundidad al nivel estático en los 3 pozos de agua potable, en la que se puede observar un periodo de disminución de la profundidad hasta 2012 y luego tiende a aumentar nuevamente, para quedar en el rango entre 60 y 79 metros de profundidad; este comportamiento es similar en los 3 pozos, por lo que se considera consistente para toda la porción del acuífero captada por estos pozos.

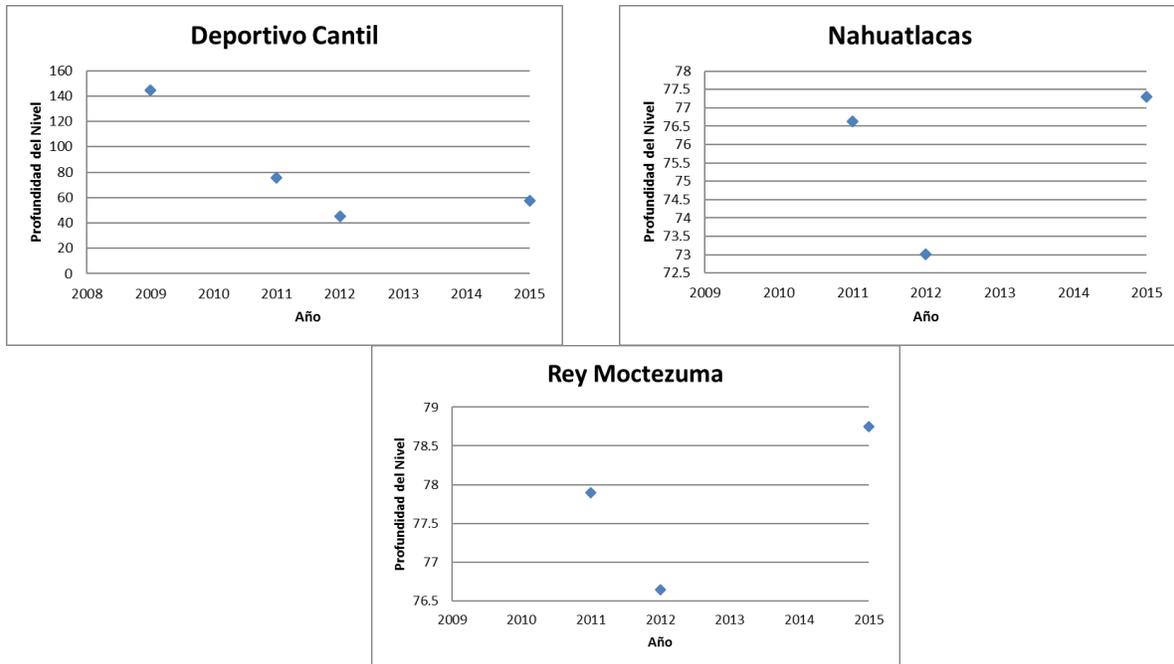


Figura 24. Comportamiento histórico de la profundidad al nivel estático en pozos de agua potable (elaborada con datos de SACMEX).

En las siguientes figuras 25 y 26 se presentan las configuraciones de isovalores de profundidad para los años de 2011 y 2012, en las que se puede observar un comportamiento consistente en toda la zona en estudio; es importante mencionar que estas configuraciones se realizaron considerando los datos de todos los pozos de agua potable localizados en la porción sur de la ciudad, y no solo los 3 pozos considerados en este informe.

Con base en estas configuraciones, se puede establecer que la profundidad al nivel estático en el estrato acuífero que captan los pozos de agua potable se encuentra a una profundidad entre 70 y 75 metros en el sitio del predio Aztecas 215.

Por otro lado, en la foto de la figura 27 se presenta el nivel de varios afloramientos en el predio en el sitio Aztecas 1, donde se observa que afloran a varios metros de profundidad del terreno natural y poco menos de un metro sobre el nivel del agua en la excavación después del bombeo del agua estancada en la excavación, mientras que en la foto de la figura 28 se presenta el nivel del agua en la excavación en la misma fecha y hora, con respecto al nivel del terreno natural en la pared adyacente a la calle, con lo que se puede establecer que el nivel de los afloramientos se encuentre a unos 8 metros por abajo del terreno natural en la calle.

Es decir, no corresponde con la profundidad del nivel estático en el estrato acuífero que captan los pozos de agua potable, por lo que se determina que los afloramientos corresponden a un estrato acuífero somero, diferente al que captan los pozos de agua potable.

ISOLINEAS DE PROFUNDIDAD DEL NIVEL 2011

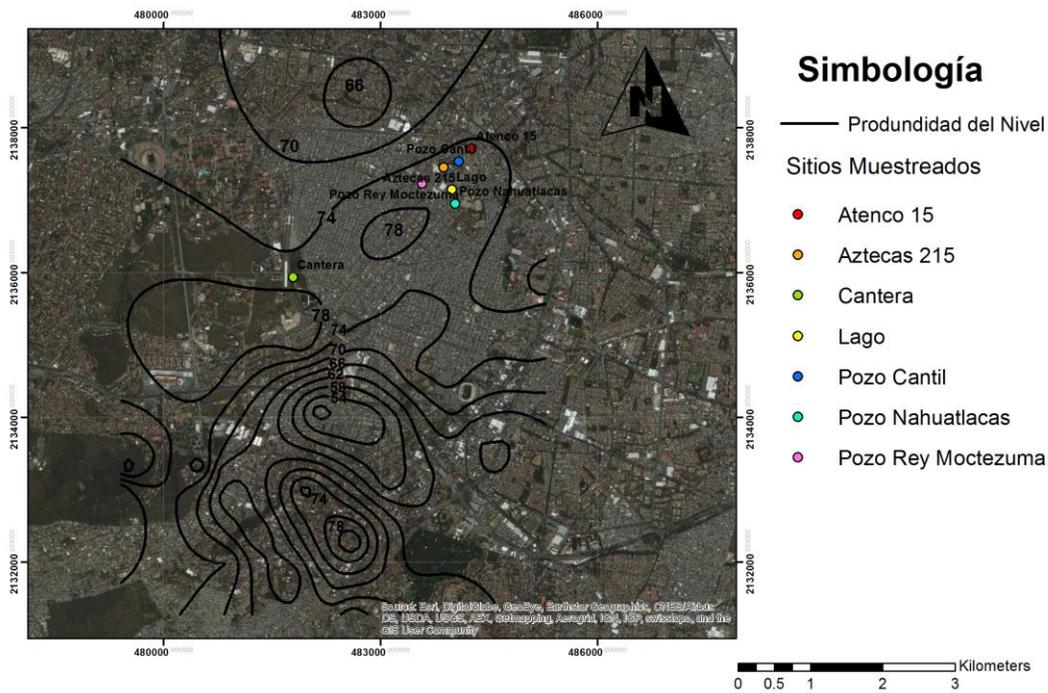


Figura 25. Configuración de valores de igual profundidad al nivel estático para 2011 en pozos de agua potable (elaborada con datos de SACMEX).

ISOLINEAS DE PROFUNDIDAD DEL NIVEL 2012

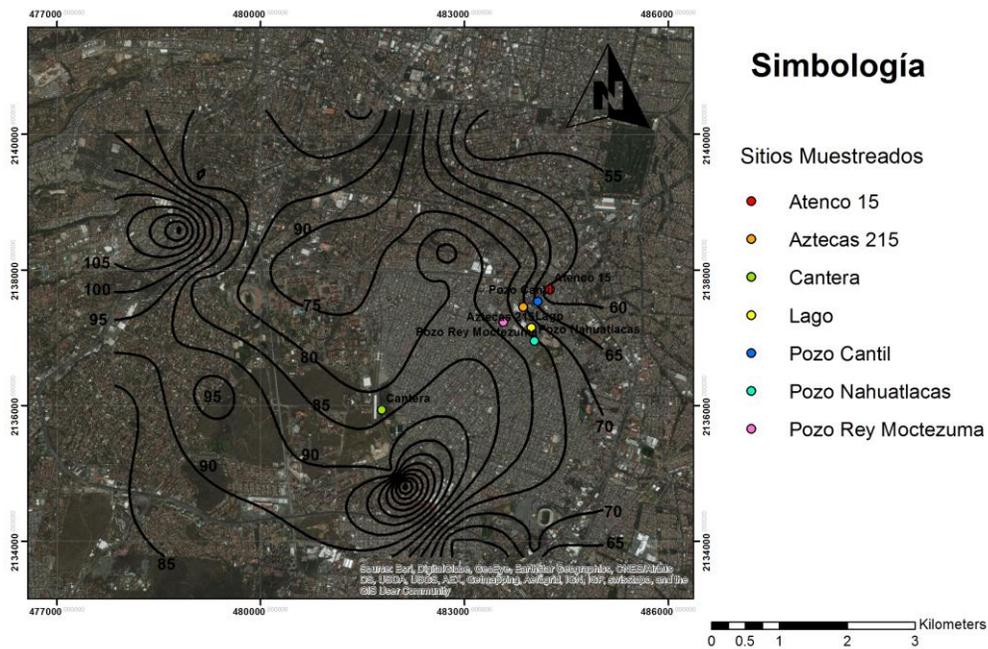


Figura 26. Configuración de valores de igual profundidad al nivel estático para 2012 en pozos de agua potable (elaborada con datos de SACMEX).



Figura 27. Nivel de afloramiento de agua con respecto al nivel del agua en la excavación, posterior al bombeo.



Figura 28. Nivel del agua en la excavación, posterior al bombeo, con respecto al nivel de la calle.

Con los datos de las cotas topográficas de los afloramientos y manantiales, incluyendo el manantial que aflora en la Cerrada de Nahuatlacas, se construyó la red de flujo que se muestra en la siguiente

figura 29, en la que se puede observar una buena correlación entre estos aprovechamiento, generando una red de flujo con dirección similar a la red de flujo con los pozos de agua potable, lo que indica que ambos flujos están condicionados por la topografía y por la localización de las zonas de recarga en ambos casos.

Es importante mencionar que las cotas de igual elevación de la carga hidráulica en este caso son superiores a las cotas de la elevación del nivel estático en los pozos de agua potable, por lo que se puede establecer que se trata de un acuífero somero que circula en la misma dirección, pero varios metros por arriba del estrato acuífero que captan los pozos de agua potable.

RED DE FLUJO DEL AGUA SUBTERRÁNEA 2016

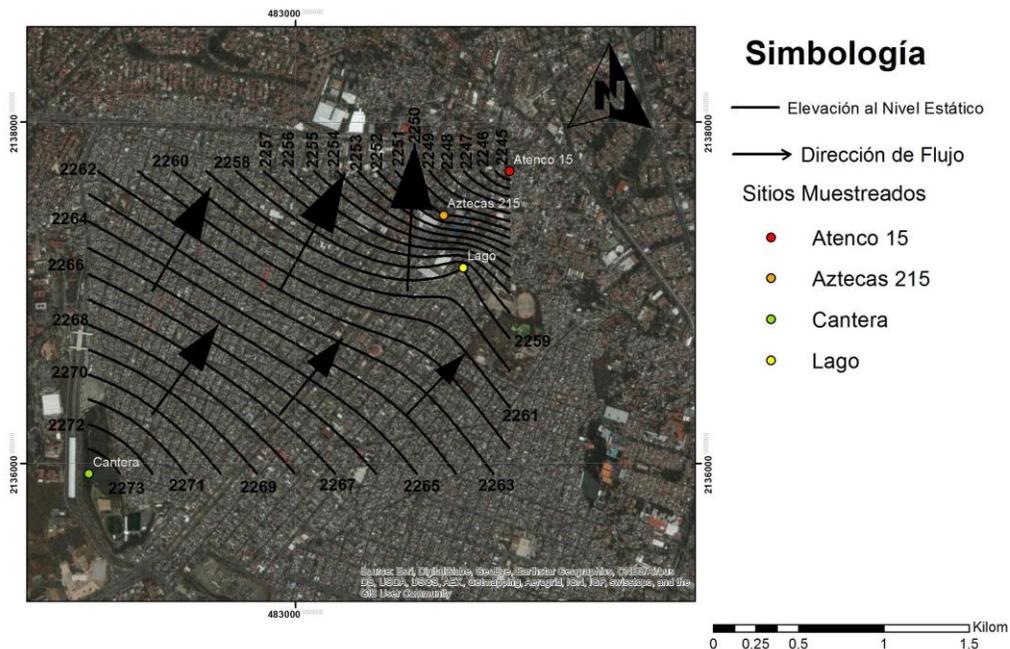


Figura 29. Red de flujo de agua subterránea, elaborada con datos de manantiales y los afloramientos en el predio Aztecas 215.

Con base en estos resultados, se elaboró un perfil longitudinal a las direcciones de flujo de agua subterránea, partiendo del manantial de la Cantera hasta llegar al sitio del afloramiento en Atenco 15, tal como se muestra en la siguiente figura 30; mientras que en la figura 31 se sintetiza en comportamiento antes mencionado.

Es necesario mencionar que con la información obtenida y la generada durante el presente trabajo, no se cuenta con elementos para establecer claramente mecanismo ni las condiciones hidráulicas que dan lugar a esta separación de los flujos de agua subterránea, aunque dadas sus direcciones y la ausencia de sitios importantes de descarga natural del acuífero somero, se establece que en algún momento se intercomunican y el estrato acuífero somero pasa a formar parte de la recarga natural del estrato acuífero que captan los pozos de agua potable.

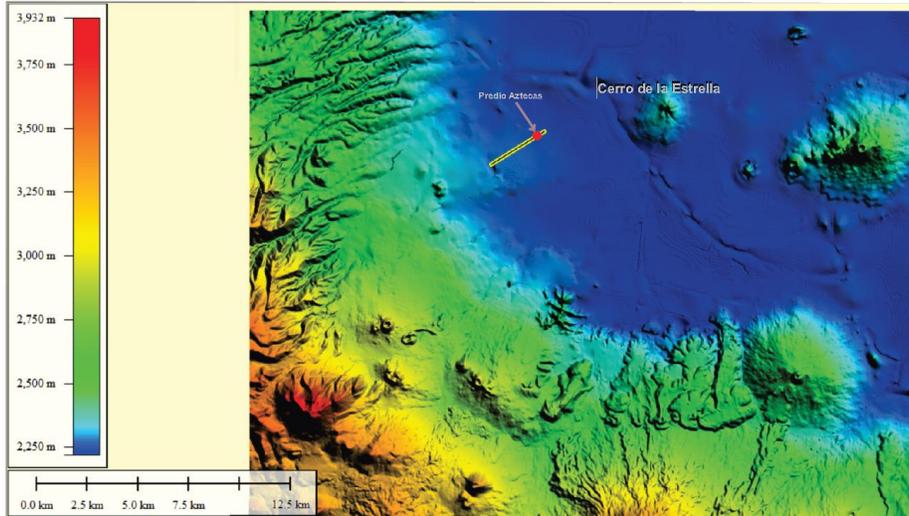


Figura 30. Localización de perfil topográfico que pasa por el predio Aztecas 215.

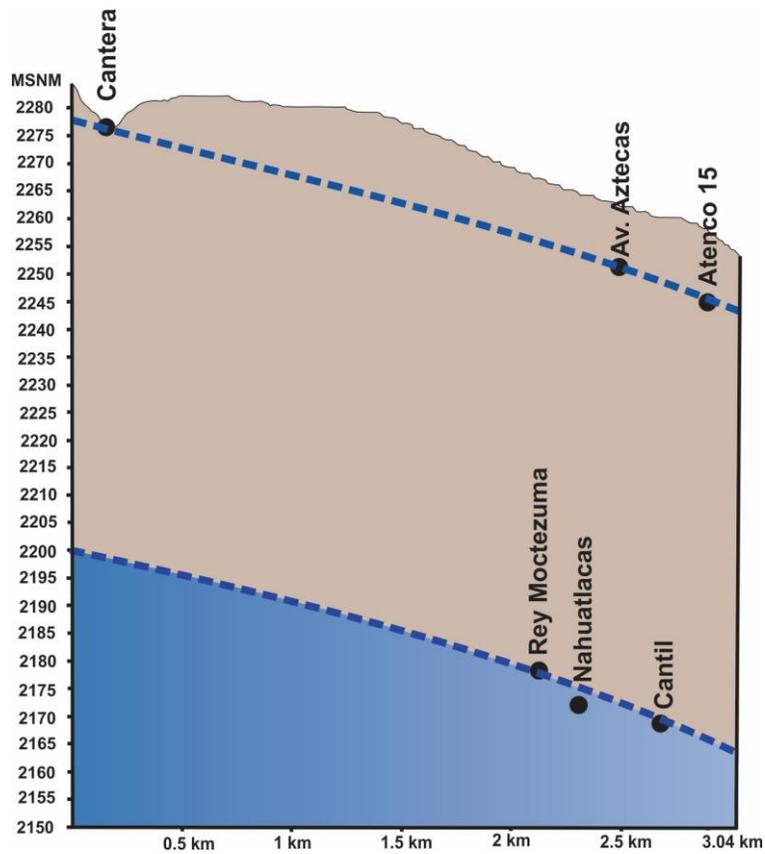


Figura 31. Perfil topográfico con datos de niveles estáticos en pozos de agua potable y cotas topográficas de afloramientos y manantiales (datos de pozos de agua potable obtenidos de SACMEX).

6. CONCLUSIONES

- El agua que aflora en el predio Aztecas 215 no corresponde con el agua que producen los pozos de agua potable que están captando el acuífero inferior de la Ciudad de México.
- Por lo tanto, el agua que aflora en el predio tampoco proviene de fugas de las redes de agua potable que es la misma que producen los pozos de agua potable
- El agua que aflora en el predio Aztecas 215 es agua subterránea de reciente infiltración, y corresponde a un acuífero somero.
- El agua del manantial de La Cantera y de la casa Atenco 15 también provienen del mismo acuífero somero a que corresponde el agua que aflora en el predio Aztecas 215.
- El agua del acuífero somero es aprovechada en parte en las plantas de Xotepingo y de Loreto-Peña Pobre por el SACMEX y luego de un tratamiento se incorpora a la red de agua potable.
- El agua del acuífero somero también es aprovechada por varias casas de la zona para usos domésticos desde hace mucho tiempo.
- Actualmente no contamos con información que nos permita establecer con precisión en mecanismo que separa el acuífero somero del acuífero inferior. No obstante,
- El agua del acuífero somero que no es captada por los manantiales ni por las obras de captación para uso doméstico circula por el subsuelo y eventualmente se incorpora como recarga natural al acuífero inferior.
- Con base en lo anterior, se concluye que de ninguna manera es aceptable que el agua del acuífero somero se capte y se tire al drenaje sanitario.

REFERENCIAS

- Cortes, A., Farvolden, R.N., 1988, Isotope studies of precipitation and groundwater in the Sierra de las Cruces, Mexico: *Journal of Hydrology*, 107, 147-153.
- Cortés, A., Durazo, J., 2001, Sobre la hidrogeología de la Cuenca de México: *Ingeniería Hidráulica en México*, 16 (2), 195-198.
- G. H. Ingenieros en Geotecnia, S. A. de C. V., 2014. Estudio de Mecánica de Suelos para un conjunto Habitacional en el predio ubicado en la Avenida Aztecas #215, Colonia Los Reyes, Delegación Coyoacán, en México, D. F. 82 p.